

Artigo de Revisão

Efeitos do exercício na densidade mineral óssea

Diego Urtassum Mottini
Eduardo Lusa Cadore
Luiz Fernando Martins Kruehl

Grupo de pesquisa em atividades aquáticas e terrestres da Escola Superior de Educação Física (ESEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brasil

Resumo: O presente trabalho revisa os resultados de estudos que investigaram os efeitos da atividade física na densidade mineral óssea. Sendo a atividade física um fator com influência na densidade mineral óssea (DMO) a determinação de quais modalidades esportivas estão mais relacionadas com a estimulação óssea pode ser indispensável para prevenção e tratamento da osteoporose. Estes estudos concluem que os efeitos osteogênicos relacionados ao exercício e a prática desportiva são resultantes da carga mecânica aplicada sob a estrutura esquelética. Observa-se que melhores resultados osteogênicos estão relacionados a maiores intensidades de carga mecânica. O estresse de tensão gerado pela contração muscular durante o treinamento de força apresenta os maiores benefícios na remodelação óssea. Por outro lado, o exercício extenuante pode trazer resultados negativos ao tecido ósseo, principalmente no sexo feminino.

Palavras-chave: Osteoporose. Carga mecânica. Densidade óssea.

Effects of the exercise in bone mineral density

Abstract: This paper reviews the results of studies that investigate the effects of physical activity on bone mineral density. Being the physical activity one of the factors with influence in the bone mineral density (BMD) the determination of which sporting modalities are more related with the bone stimulation it can be indispensable for prevention and treatment of the osteoporosis. These studies conclude that the effects of exercise and sport practice in the bone metabolism result from the mechanical load applied to the skeletal structure. Better results in bone metabolism are related to higher intensities of mechanical load. Tension generated by muscular contraction during strength training presents the greatest benefits in bone remodeling. Otherwise, the strenuous exercise can bring negative results to the bone, especially in females.

Key Words: Osteoporosis. Mechanical load. Bone density.

Introdução

O avanço da tecnologia e da medicina tem aumentado a expectativa de vida. A longevidade tem acarretado uma maior incidência de doenças crônico-degenerativas, entre elas, a osteopenia e a osteoporose ([CAMPOS et al., 2003](#)). Estes distúrbios osteometabólicos causam desequilíbrio no mecanismo de formação e reabsorção do osso, tendo como resultado o enfraquecimento ósseo ([FLECK, 2003](#)).

A osteoporose é uma doença pediátrica com manifestação clínica apresentada na senilidade ([SILVA et al., 2006](#)). Segundo [Campos et al. \(2003\)](#), a herança genética é responsável por 80% da predisposição a doença. No entanto, 20% da densidade mineral óssea (DMO) são adquiridos por meio de alimentação e atividade

física, ou seja, pelos hábitos diários de vida ([JOHNSTON et al., 1992](#); [PIRES, 2001](#)).

Muitos estudos têm demonstrado os benefícios da atividade física na DMO ([GRIMSTON et al., 1993](#); [CREIGHTON et al., 2001](#); [GINTY et al., 2005](#); [EGAN et al., 2006](#); [KAVOURAS et al., 2006](#)), já que as cargas impostas pelos exercícios aumentam a DMO independentemente do sexo e da idade dos indivíduos ([RYAN et al., 2004](#)). Porém, é importante observar que 95% da massa óssea é adquirida durante o pico de massa óssea da adolescência, entre 10 e 19 anos ([PIRES, 2001](#); [SILVA et al., 2003](#)). Portanto, para otimizar os resultados em busca da prevenção da osteoporose, a adolescência torna-se a fase mais importante para serem dados os estímulos do treinamento físico.

As respostas na remodelagem óssea ocorrem por meio de força gravitacional e pela ação intensa dos músculos ligados ao osso ([CREIGHTON et al., 2001](#)), ou seja, por cargas mecânicas. Conclui-se, então, que o estímulo osteoblástico (formação de osso) ocasionado pelo treinamento físico acontece por aplicação de carga mecânica sob a estrutura esquelética, podendo o estresse ser causado por tensão, compressão, torção ou cisalhamento do tecido ósseo ([LANYON; HARTMAN apud MENKES et al., 1993](#)). Mas, em casos particulares, podem ocorrer reações negativas no tecido ósseo em resposta ao exercício ([SILVA et al., 2003](#)). Segundo [Silva et al. \(2003\)](#), o treinamento exaustivo pode ocasionar fraturas por estresse geradas por sobrecarga repetida. Além disso, o treinamento de alto volume pode ocasionar um desequilíbrio nos hormônios sexuais, afetando negativamente o metabolismo ósseo ([GREMION, et al., 2001](#)).

A intensidade da carga imposta pelas forças gravitacionais varia de acordo com o tipo de exercício realizado. Sendo assim, modalidades esportivas podem ser classificadas em modalidades de baixo, moderado, alto e sem impacto ([GINTY et al., 2005](#)), de acordo com a força de reação do solo (FRS) relativa ao peso corporal (PC) ([BRUNIARA; AMADIO, 1993; NIGG; HERZOG, 1994; AVIA apud KRUEL, 2000](#)). Os exercícios com carga mecânica leve e moderada parecem não provocar adaptações significativas na deposição de minerais. Ao contrário, praticantes de modalidades esportivas de maior carga mecânica apresentam resultados positivos ([ANDREOLI, et al. 2001; GINTY et al., 2005](#)).

O objetivo mais importante do exercício para a saúde esquelética, ou seja, para a prevenção da osteoporose, é atingir um maior pico de massa óssea e deter, retardar e às vezes reverter a rápida perda que acontece com a idade e com a menopausa ([MATSUDO; MATSUDO, 1992](#)). Sendo a atividade física um dos fatores com influência na DMO, a determinação de quais modalidades esportivas estão mais relacionadas com a estimulação óssea pode ser importante para prevenção e tratamento da osteopenia e osteoporose. Dessa forma, este trabalho tem a intenção de revisar os resultados de estudos que apontaram incremento de minerais ósseos adquiridos com a prática de diferentes modalidades esportivas, bem como os efeitos

negativos do treinamento extenuante sobre a massa óssea.

Remodelação óssea

Diferentes componentes celulares são responsáveis pela reabsorção do osso velho e formação de osso novo ([ASTRAND; RODAHL, 1980](#)). Este processo dinâmico recebe o nome de remodelação ([CADORE et al., 2005](#)). Os osteoblastos participam na formação do osso enquanto os osteoclastos participam na sua destruição e reabsorção ([ASTRAND; RODAHL, 1980](#)).

A remodelagem está relacionada com os estresses e esforços impostos ao esqueleto pela gravidade e por outros fatores, sendo regulada por hormônios na circulação sistêmica, fatores de crescimento, citocinas e nutrição ([GANNONG, 1999, CANALI; KRUEL, 2001, GUYTON; HALL, 2006](#)). Os fatores intrínsecos que determinam a remodelagem do tecido ósseo incluem a hereditariedade, a raça, o sexo e fatores hormonais (80%). Já os fatores extrínsecos incluem aspectos mecânicos e nutricionais (20%) ([CAMPOS et al., 2003](#)). Segundo [Ganong \(1999\)](#), é na adolescência que 95% da massa óssea corporal total é adquirida. Por isso a estimulação nesta fase é de suma importância para prevenção de futuras doenças ósseas degenerativas.

Osteoporose

Entre as doenças que aumentam a fragilidade óssea, a osteoporose é a de maior prevalência na população mundial ([SARAIVA; LAZARETTI, 2002](#)). A osteoporose é definida como uma doença metabólica sistêmica que diminui a massa óssea, provocando comprometimento da microarquitetura do tecido ósseo ([CAMPOS et al., 2003](#)).

A DMO pode ser medida por raio-x de dupla energia (DEXA - dual-energy absorption of X-ray). Este método é capaz de avaliar o osso trabecular e cortical. Neste exame, o conteúdo mineral ósseo (CMO) é computado em gramas(g). Já a DMO, apresenta resultados equivalentes de minerais por cm² (g/cm²) ([BRUNIARA; AMADIO, 1993](#)). Este método é rápido, não invasivo, possui alta precisão (erro de 1 – 4%) e radiação desprezível, equivalente a um dia de exposição ao sol. O T-Score apresentado no exame é baseado em uma escala que compara a DMO do paciente com a DMO média de um adulto jovem normal. Já o Z-Score toma como referência a

DMO média esperada de indivíduos de mesma idade, etnia e sexo ([WORLD..., 1994](#); [PIRES, 2001](#); [NETO et al., 2002](#)). Os critérios

diagnósticos propostos pela Organização Mundial da Saúde ([WHO](#)) seguem apresentados no quadro 1.

Quadro 1 Classificação de osteoporose	
T-Score (DP)	Classificação
> -1	normal
entre -1 e -2,5	osteopenia
< -2,5	osteoporose
< -2,5 + fratura	osteoporose grave ou estabelecida

*T-Score: escala que compara a DMO do paciente com a DMO de um adulto jovem normal; DP: desvio-padrão; >: maior que; <: menor que

A osteoporose atinge principalmente o sexo feminino em decorrência da menopausa ([FLECK, 2003](#)). A menopausa é um fenômeno caracterizado pelo declínio da função dos ovários e conseqüente desaparecimento dos ciclos menstruais. Na menopausa, os hormônios sexuais não são mais secretados em quantidades apreciáveis ([GANONG, 1999](#)). A osteoporose na pós-menopausa está diretamente ligada à condição hipoestrogênica, uma vez que o estrógeno no tecido ósseo possui ação anti-reabsortiva ([PARDINI, 2001](#)). Além disso, o estrogênio estimula a proliferação de osteoblastos, estimulando assim a formação óssea ([GANONG, 1999](#)). Pode-se dizer que a exposição ao estrógeno é inversamente proporcional ao risco de desenvolver osteopenia e osteoporose ([MANTOANELLI et al., 2002](#)).

No entanto, o risco de ocorrência dessa doença pode ser reduzido se houver uma preocupação em aumentar a massa óssea durante a adolescência e posteriormente, um cuidado com a diminuição na taxa de perda óssea pós-pubertária ([SILVA et al., 2006](#)). Em resumo, a prevenção da doença se faz por alimentação rica em Ca^{+2} , atividade física regular e/ou terapia de reposição hormonal.

O aumento da fragilidade óssea torna este tecido mais suscetível a fraturas. A maior incidência de lesões ósseas, à medida que envelhecemos, acontece no corpo vertebral, do quadril, fêmur e na parte distal do antebraço. Isso ocorre por essas regiões apresentarem elevado conteúdo de osso trabecular, que possui maior atividade metabólica, e, portanto, é perdido mais rapidamente ([MCARDLE et al., 1998](#)).

Efeitos do exercício na densidade mineral óssea

As forças mecânicas causadas pelo exercício induzem uma adaptação do tecido ósseo.

Motriz, Rio Claro, v.14, n.1, p.85-95, jan./mar. 2008

Portanto, sendo o exercício um fator de estresse mecânico, este se torna um dos principais moduladores deste tecido e uma ótima ferramenta para prevenção da osteoporose ([SILVA et al., 2003](#)). Assim, muitos estudos têm demonstrado os benefícios da atividade física no incremento de conteúdo mineral ósseo (CMO) ([GRIMSTON et al., 1993](#); [CREIGHTON et al., 2001](#); [GINTY et al., 2005](#); [EGAN et al., 2006](#); [KAVOURAS et al., 2006](#)) Tanto o treinamento de força na qual estimula a hipertrofia muscular, quanto atividades físicas de maior sobrecarga decorrente do PC, causam estímulos osteogênicos ([CADORE et al., 2005](#); [BRENTANO et al., 2008](#)) aumentando a DMO independentemente do sexo e da idade dos indivíduos ([SILVA et al., 2003](#)). Ao contrário, a diminuição das ações musculares como acontece no repouso na cama, imobilização de membros ou na falta de gravidade exerce influência negativa na DMO ([CAMPOS et al., 2003](#)).

Sugere-se que o aprimoramento da massa óssea em situação de exercício seja pelo efeito piezolétrico, na qual a deformação do osso provoca alteração no campo elétrico ósseo, estimulando a atividade celular, levando à deposição de minerais nos pontos de estresse ([NUNES et al., 2001](#); [CADORE et al., 2005](#)). Outra possível explicação para remodelação estimulada pelo exercício é a lei de Wolf, onde toda mudança na função de um osso é seguida por certas mudanças na arquitetura interna e conformação externa. Ou seja, os ossos se fortalecem de acordo com a maneira e regiões que são mais estimuladas ([NUNES et al., 2001](#)).

Uma vez que as cargas impostas pelos esportes atingem segmentos diferentes, vários estudos comparam o incremento de CMO adquiridos em diferentes partes do corpo ([CREIGHTON et al., 2001](#); [GINTY et al., 2005](#); [EGAN et al., 2006](#); [KAVOURAS et al., 2006](#)).

Percebe-se, então, que a estimulação osteoblástica ocorre principalmente no local onde o estresse mecânico foi aplicado. [Kavouras et al. \(2006\)](#) consideram a resposta do exercício físico na deposição óssea em partes específicas do corpo como sendo carga-dependente. Ou seja, cada osso tem seu limiar específico para a quantidade de stress necessário para produzir hipertrofia. O osso responde localmente ao stress mecânico, enquanto o sistema esquelético como um todo responde aos níveis de cálcio. Se ossos específicos são estressados e a dieta de cálcio é inadequada, o cálcio pode ser mobilizado a partir de ossos com menos estresse mecânico ([MATSUDO; MATSUDO, 1992](#)).

Tendo o exercício um efeito direto na estimulação da formação óssea, é razoável imaginar que exista uma relação entre a densidade óssea e parâmetros relacionados à aptidão física como a força muscular e a capacidade aeróbia. Ginty et al. (2005), apontaram forte relação da DMO com o consumo máximo de oxigênio ($VO_2\text{máx}$) e força física. Porém, a força física obteve valores de maior significância do que a aptidão respiratória. Para reforçar a teoria de que a tensão exercida pela massa muscular no tecido ósseo é de suma importância para o desenvolvimento da DMO, [Nunes et al. \(2001\)](#) observaram força muscular significativamente menor em mulheres com osteoporose comparadas com mulheres normais. Vale lembrar, que neste estudo, os autores analisaram a força dos músculos mais próximos às regiões afetadas pela doença.

[Iwamoto et al. \(2001\)](#) analisaram os resultados do treinamento (marcha rápida e ginástica diária) e do destreinamento na DMO em mulheres pós-menopáusicas com osteoporose. Observaram que, o grupo de mulheres em fase de destreinamento não apresentou diferenças significativas no CMO em relação ao grupo

controle. Ao contrário, as mulheres inseridas no programa de treinamento mostraram ganhos significativos no incremento de CMO. Portando, sugere-se que os benefícios na massa óssea em mulheres pós-menopáusicas com osteoporose se dá por atividade física continuada. Entendendo que a interrupção da atividade causa decréscimo na DMO.

[Moser et al. \(2004\)](#) destacaram que atividade física praticada na infância e adolescência exerce maior influência na prevenção da osteoporose do que um programa de exercícios na fase adulta. Salientaram, assim, a importância da educação física escolar na prevenção da osteoporose na velhice. Em seu estudo, as participantes citaram a educação física escolar como a principal atividade física na infância e adolescência.

Sobrecarga imposta pela massa corporal durante o exercício físico e o aumento na massa óssea

As cargas mecânicas decorrentes do impacto com o solo durante a prática de exercícios, refletem uma força de reação. Para obter indicadores dos níveis de sobrecarga a qual o aparelho locomotor é submetido no âmbito desportivo, estudos medem a FRS relativa ao PC com a utilização de plataformas de força ([GROOHAUSEN et al., 1997](#)). Os quadros 2 e 3 apresentarão valores de FRS relacionados à força vertical.

Sendo assim, modalidades esportivas podem ser classificadas em modalidades de alto, moderado, baixo e sem impacto ([GINTY et al., 2005](#)), de acordo com a FRS relativa ao PC que apresentam ([BRUNIERA; AMADIO, 1993](#), [NIGG; HERZOG, 1994](#), [AVIA apud KRUEL, 2000](#)). O quadro 2 aponta valores que podem classificar modalidades esportivas em altíssimo, alto e baixo impacto.

Quadro 2		
Classificação de reação do solo relativa ao peso corporal		
Autor	FRS (PC)	Classificação
Bruniera e Amadio, 1993	0,5 - 1,2 1,6 - 2 3 - 3,5	baixo impacto alto impacto - para vel de 3m/s alto impacto - para vel de 7m/s
Avia apud Krüel, 2000	> 4,8	altíssimo impacto
Nigg e Herzog, 1994	5 - 12,5	altíssimo impacto

*FRS: força de reação; PC: peso corporal; >: maior que

O quadro 3 apresenta a FRS em algumas modalidades esportivas.

Quadro 3		
Impacto relativo ao peso corporal de diferentes modalidades esportivas		
Autor	Modalidade	FRS (PC)
Groothausen et al.; 1997	pedalar	< 1
	dança de salão	1 – 2
	judô, caminhada	1,2 - 1,6
	badminton, baseball e tênis	2 - 4
	basquete	4,1 – 6
	ginástica rítmica	5
	ginástica artística: salto mortal	11
Creighton et al.; 2001	futebol	2 – 3
	vôlei	3 – 6
Michaud et al.; 1993	ginástica aeróbica	2,8
Egan et al.; 2006	corrida leve de longa distância	2 – 4

*FRS: força de reação do solo; PC: peso corporal; <: menor que

Quadro 4			
Efeitos da prática de diferentes modalidades esportivas na DMO			
Autor	Modalidade Esportiva	Amostra	Resultados
Grimston et al., 1993	Natação e esportes com FRS > de 3PC (ginástica e corrida)	17 crianças que competem regularmente	DMO significativamente maior no fêmur e nas vértebras lombares das crianças envolvidas em esportes com FRS > de 3PC.
Creighton et al., 2001	Alto impacto (vôlei e basquete), médio (futebol e corrida) e sem impacto (natação)	41 mulheres entre 18 e 26 anos	Maior DMO total no grupo de alto impacto do que nos demais. Maior DMO no grupo de médio impacto do que no grupo sem impacto e controle.
Helge e Kanstrup, 2002	Ginástica artística e ginástica rítmica	11 mulheres entre 15 e 20 anos	DMO lombar, radial e femoral maior nas ginastas artísticas e DMO lombar maior nas ginastas rítmicas do que no grupo controle.
Ginty et al., 2005	Modalidades de alto, moderado, baixo e sem impacto	128 homens entre 16 e 18 anos	CMO maior em todo corpo (3,4%) e no quadril (8,5%) no grupo de alto impacto comparado a grupo de baixo impacto. Resultados significativos no incremento de CMO nos indivíduos que praticam mais de 1h/dia em atividades de alto impacto.
Ducher et al., 2006	Tênis	28 crianças e 47 adultos jogadores de tênis + 12 crianças e 58 adultos controle	Maior DMO na parte distal do antebraço dos jogadores adultos.
Egan et al., 2006	Alto impacto: rugby, netball e corredoras de longa distância	86 mulheres atletas com média de idade de 21,25 anos	Maior DMO nas atletas de rugby em todas as partes, regiões e segmentos do corpo quando comparadas ao grupo sedentário. 7,7% maior nos braços e 22,6% no quadril.
Kavouras et al., 2006	Pólo aquático, handball e sedentários	48 homens de 17-34 anos	Maior DMO total nos jogadores de handball, mas com valores semelhantes nos membros superiores.

CMO: conteúdo mineral ósseo; DMO: densidade mineral óssea; FRS: força de reação do solo; PC: peso corporal.

Os esportes que envolvem saltos possuem FRS aumentada em até 4 vezes ou mais. Já esportes realizados em velocidade e com rápidas mudanças de direção multiplicam o PC de 2 à 4 vezes (GROOTHAUSEN et al., 1997). Para Moser et al. (2004) a duração do estímulo não é o mais importante, mas estes devem ser tão potentes ao ponto de serem detectados pelo

osso. Segundo Ginty et al. (2005), é na adolescência, fase em que acontece o pico de massa óssea, que modalidades de maior carga mecânica como futebol, vôlei e basquete, são freqüentemente praticadas nas escolas, mantendo constante estímulo mecânico, que resulta em maior atividade osteoblástica e formação de osso. Em estudo de Grimston et al. (1993), crianças que praticaram regularmente

esportes com mais de 3PC (ginástica, dança e corrida) apresentaram maior DMO do que crianças envolvidas no treinamento de natação. Em outro estudo, [Jakes et al. \(2001\)](#), observaram que homens que relatavam a prática de 2 horas por semana em esportes de alto impacto tinham 9,5% mais massa óssea no calcâneo do que os homens que não tinham essa prática. Nas mulheres, o aumento foi de 3,4% de massa óssea nas praticantes da mesma quantidade de exercícios de alto impacto em comparação com as que faziam exercícios sem impacto (nas mulheres isso ocorria mesmo com uma diferença de quatro anos na idade). Já [Ginty et al. \(2005\)](#) observaram valores significativos no aumento da DMO apenas para o grupo que realizava mais de 8,03 horas por semana (h/sem) em atividades de alto impacto. Assim como [Ginty et al. \(2005\)](#), [Egan et al. \(2006\)](#) também mostrou que o volume de treinamento em atividades de alto impacto parece ter forte relação com o aumento da DMO. Em seu estudo as corredoras apresentaram diferenças significativas no volume de treinamento em comparação com os outros grupos, porém os benefícios na DMO das corredoras ficaram confinados aos membros inferiores.

Tendo em vista os benefícios do exercício, o quadro 4 apresenta os efeitos da prática de diferentes modalidades esportivas na DMO.

Em resumo, a prática de modalidades esportivas consideradas de alto impacto promovem maior deposição de minerais no tecido ósseo ([GRIMSTON et al., 1993](#), [CREIGHTON et al., 2001](#), [GINTY et al., 2005](#), [EGAN et al., 2006](#), [KAVOURAS et al., 2006](#)). Por outro lado, exercícios leves e moderados parecem não provocar adaptações significativas na deposição de minerais ([GINTY et al., 2005](#)).

Treinamento de força na DMO

A força muscular é a principal valência física desenvolvida no treinamento de força (TF). Também, é a valência física que possui maior relação com a densidade óssea. O estresse ocasionado pela contração muscular gera tensão sobre osso na qual o músculo em contração está inserido. No entanto, quanto maior a força maior será o estresse mecânico sobre o osso ([CADORE et al., 2005](#), [BRENTANO et al., 2008](#)).

Apesar de muitas modalidades esportivas estimularem o aumento da DMO, atividades que desenvolvam a força muscular parecem provocar

maior deposição de minerais no tecido ósseo. Em geral, os estímulos do TF são mais intensos que os estímulos crônicos de muitas modalidades esportivas na qual geram cargas decorrentes do PC, o que mantém intensidade constante ao longo do tempo. Já no TF existe a possibilidade de aumentar a intensidade do treino após adaptação na capacidade individual de produção de força ([CADORE et al., 2005](#), [BRENTANO et al., 2008](#)).

[Vincent e Braith \(2002\)](#) compararam os resultados do TF de 24 semanas de homens e mulheres entre 60 e 83 anos. Um grupo realizou treinamento com intensidade de 50% de 1-RM (15 repetições), e outro, a 80% de 1-RM (8 repetições), ambos 3 vezes por semana. O resultado foi o aumento de 1,96% na DMO do colo femoral para o grupo de maior intensidade. Já [Villareal et al. \(2003\)](#) analisaram o resultado de 9 meses de TF com intensidade de 65 a 85% de 1-RM + ginástica aeróbica em mulheres entre 75 e 87 anos. Este estudo apontou aumento na DMO lombar em 3,5%. Estudos garantem que a magnitude do estímulo é mais importante do que a frequência do mesmo, ou seja, quanto maior a intensidade do treinamento (i.e. percentual relativo a 1-RM) maior o estímulo para formação óssea ([HUGHES et al., 1995](#), [VINCENT; BRAITH, 2002](#), [BRENTANO et al., 2008](#)).

O tipo de contração utilizada em um programa de TF também pode influenciar os resultados de formação óssea. Segundo [Aagaard et al. \(2000\)](#) o TF excêntrico provoca maior aquisição de força que o treinamento concêntrico. Portanto, entendendo a relação existente entre força muscular e densidade óssea ([HUGHES et al., 1995](#), [VINCENT; BRAITH, 2002](#), [GINTY et al., 2005](#)), é razoável imaginar que o TF excêntrico seja mais eficiente para o aumento da DMO ([HAWKINS et al., 1999](#)).

Possível efeito negativo do alto volume de treinamento na DMO

O exercício físico realizado de forma adequada provoca adaptações positivas no tecido ósseo. Por outro lado, em casos particulares, podem ocorrer reações negativas no tecido em resposta ao excesso de treinamento. Segundo [Silva et al. \(2003\)](#), o treinamento exaustivo pode ocasionar desequilíbrio hormonal e conseqüente amenorréia, além de fraturas por estresse geradas por sobrecarga repetida.

A alta magnitude de impacto, mais fadiga muscular, somado a alta frequência de estímulos em um mesmo segmento, são fatores que, principalmente juntos, podem causar fraturas por estresse no tecido ósseo. As fraturas por estresse na tíbia de corredores são os casos mais comuns, ocorrendo de 33 à 55% do total de fraturas por estresse revisadas no estudo de [Milner et al. \(2006\)](#). Vale lembrar que as mulheres fazem parte de um grupo de maior risco. Por isso, no que diz respeito ao enfraquecimento ósseo por atividade física extenuante as mulheres fazem parte de uma população que necessita maior atenção ([MILNER et al., 2006](#)).

No sexo feminino existe maior preocupação com relação às variações metabólicas requeridas pelo exercício vigoroso. Por exemplo, a menarca tardia, em adolescentes atletas, está relacionada à atividade física intensa antes da puberdade, ocasionando diminuição da massa óssea e diminuição do potencial de crescimento. No entanto, o mecanismo pela qual isso ocorre não é bem compreendido ([MANTOANELLI et al., 2002](#)). Mas, pode-se sugerir que o hipoestrogenismo e a perda de peso causada pelo exercício extenuante nesta importante fase de aquisição óssea, sejam os motivos dos efeitos negativos na DMO em adolescentes atletas ([PARDINI, 2001](#)).

Além da menarca tardia, atletas do sexo feminino estão sujeitas a desenvolver a “*tríade da mulher atleta*”. A tríade envolve três processos: distúrbio alimentar, amenorréia e osteoporose ([MANTOANELLI et al., 2002](#)). Sendo assim, tudo inicia pelo distúrbio alimentar, que leva a atleta a desenvolver o segundo processo, a amenorréia. Amenorréia caracteriza-se por desordem menstrual, onde os ciclos ocorrem em períodos superiores a 90 dias. Mas, a oligomenorréia que representa de 3 a 6 ciclos por ano, com intervalos superiores a 36 dias, também é uma desordem menstrual presente nas atletas ([PARDINI, 2001](#)). As possíveis causas da amenorréia são: o excesso de treinamento, dieta inadequada e principalmente a quantidade insuficiente de gordura corporal ([MANTOANELLI et al., 2002](#)). A gordura corporal periférica possui papel importante na conversão de hormônios andrógenos em estrógenos, e, quando existe diminuição dessa gordura, a quantidade de andrógenos aumenta e os estrógenos diminuem, causando diminuição e/ou interrupção dos ciclos menstruais ([PARDINI, 2001](#)).

A incidência de amenorréia e oligomenorréia é mais comum em corredoras, ginastas e bailarinas ([PARDINI, 2001](#), [SILVA et al., 2003](#)). A perda óssea em jovens atletas é de 2 à 6% por ano, sendo que por volta dos 20 anos sua massa óssea está equiparável a uma mulher de 60 anos de idade. Como o pico de massa óssea nunca foi atingido, essa perda pode ser irreversível. Mesmo que esta mulher com amenorréia passe a ter ciclos menstruais regulares, faça reposição de estrógeno e ainda suplementação de Ca^{+2} , levaria de 10 à 15 anos para ter sua massa óssea restaurada ([MANTOANELLI et al., 2002](#)).

Para solucionar os efeitos da tríade, se faz necessário que atletas femininas diminuam sua atividade em 10 à 20% e façam uma dieta para ganho de peso, com objetivo de restaurar o seu equilíbrio hormonal. Caso a atleta, não regule a ciclicidade menstrual, faz-se necessário o tratamento de reposição hormonal, para evitar perda óssea precoce ([PARDINI, 2001](#)).

Considerações finais

Embora os fatores intrínsecos (i.e. herança genética, raça e sexo) sejam os principais determinantes do metabolismo ósseo (80%), são nos fatores extrínsecos (i.e. aspectos mecânicos, hábitos de vida, alimentação, atividade física, medicamentos) que devemos nos deter para modular e estimular o fortalecimento do tecido. Sendo assim, o estresse mecânico gerado pelo exercício físico, torna-se um potencial modulador da DMO e uma excelente ferramenta para prevenção da osteoporose. As atividades físicas que envolvem estresse mecânico decorrente do PC, assim como o treinamento de força parecem ser os métodos mais eficazes para aumento da DMO. Porém, se classificarmos estes métodos o treinamento de força ocupa um posição mais privilegiada. Embora o mecanismo fisiológico do fortalecimento ósseo causado pelo exercício não esteja completamente definido, sugere-se que ocorra pelo efeito piezelétrico ósseo.

Em relação às modalidades esportivas, percebeu-se que atividades que envolvem maior FRS relativa ao PC, às ditas modalidades de alto impacto, promovem maiores benefícios osteogênicos do que modalidades de moderado, baixo e sem impacto. No entanto, acredita-se que a magnitude do estímulo seja mais importante que a frequência do mesmo. Ou seja, para promover adaptação, o estímulo deve ser tão intenso ao ponto de ser detectado pelo tecido.

Além disso, o fortalecimento ósseo dar-se-á principalmente no local ou nas proximidades onde o estresse mecânico foi aplicado.

Ao contrário, percebeu-se que a alta frequência de estímulos pode causar fraturas por estresse geradas por sobrecarga mecânica repetida. Assim como o treinamento exaustivo pode gerar desequilíbrio hormonal, deficiência de estrógeno e conseqüente enfraquecimento do tecido ósseo. Portanto, sugere-se que um programa de treinamento com objetivo de fortalecimento ósseo, focalize a magnitude dos estímulos e os locais ósseos mais frágeis. Porém, melhores resultados para prevenção da osteoporose são adquiridos quando o treinamento físico é realizado durante o pico de massa óssea da adolescência.

Referências

- AAGAARD, P.; SIMONSEN, E. B.; ANDERSEN, J. L.; MAGNUSSON, S. P.; HALKJAER-KRISTENSEN, J., DYHRE-POULSEN, P. Neural inhibition during maximal eccentric and concentric quadriceps contraction: effects of resistance training. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.89, n.6, p.2249-57, 2000. Disponível em: <http://jap.physiology.org/cgi/content/abstract/89/6/2249> Acesso em: 31 jan. 2007.
- ANDREOLI, A.; MONTELEONE, M.; VAN LOAN, M.; PROMENZIO, L.; TARANTINO, U.; DE LORENZO, A. Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.33, n.4, p.507-11, 2001. Disponível em: <http://www.acsm-msse.org/pt/re/msse/abstract.00005768-20010400-00001.htm;jsessionid=LFPPrFTTvLdG6K3TPTJS7RW8tRKypDYPzqvwJdqNhp5Jks6wmcQm!523807009!181195628!8091!-1> Acesso em: 31 jan. 2007.
- ASTRAND, P.; RODAHL, K. **Tratado de fisiologia do exercício**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BRENTANO, M. A.; CADORE, E. L.; SILVA, E. M.; AMBROSINI, A. B.; COERTJENS, M.; PETKOWIKS, R.; KRUEEL, L. F. M. Physiological adaptations to strength and circuit training in postmenopausal women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Lawrence, 2008. In Press.
- BRUNIERA, C. A. V.; AMADIO, A. C. Análise da força de reação do solo para o andar e correr com adultos normais do sexo masculino durante a fase de apoio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 5., 1993, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1993. p.19-24.
- CADORE, E. L.; BRENTANO, M. A.; KRUEEL, L. F. M. Efeitos da atividade física na densidade mineral óssea e na remodelação do tecido ósseo. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.11, n.6, p.373-379, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-86922005000600013>
- CAMPOS, L. M. A.; LIPHAUS, B. L.; SILVA, C. A. A.; PEREIRA, R. M. R. Osteoporose na infância e na adolescência. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v.79, n.6, p.481-488, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0021-75572003000600005>
- CANALI, E. S.; KRUEEL, L. F. M. Respostas hormonais ao exercício. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.5, n.2, p.141-153, jul-dez., 2001. Disponível em: <http://www.usp.br/eef/rpef/v15n22001/v15n2p141.pdf> Acesso em: 31 jan. 2007.
- CREIGHTON, D. L.; MORGAN, A. L.; BOARDLEY, D.; BROLINSON, P. G. Weight-bearing exercise and makers of bone turnover in female athletes. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.90, n.2, p.565-70, 2001. Disponível em: <http://jap.physiology.org/cgi/content/abstract/90/2/565> Acesso em: 31 jan. 2007.
- UCHER, G.; TOURNAIRE, N.; MEDDAHI-PELLÉ, A.; BENHAMOU, C.; COURTEIX, D. Short-term and long-term site-specific effects of tennis playing on trabecular and cortical bone at the distal radius. **Journal of Bone and Mineral Metabolism**, Tokyo, v.24, n.6, p.484-490, 2006. <http://doi.doi.org/10.1007/s00774-006-0710-3>
- EGAN, E.; REILLY, T.; GIACOMONI, M.; REDMOND, L.; TURNER, C. Bone mineral density among female sports participants. **Bone**, New York, v.38, p.227-233, 2006.
- FLECK, S. J. **Treinamento de força para fitness e saúde**. São Paulo: Phorte, 2003.
- GANONG, W. F. **Fisiologia médica**. 19. ed. São Paulo: McGraw Hill, 1999.
- GINTY, F.; RENNIE, K. L.; MILLS, L.; STEAR, S.; JONES, S.; PRENTICE, A. Positive, site-specific associations between bone mineral status, fitness, and time spent at high-impact activities in 16- to 18-years-old boys. **Bone**, New York, v.36, p.101-110, 2005.
- GREMION, G.; RIZZOLI, R.; SLOMAN, D.; THEINTZ, G.; BONJOUR, J-P. Oligo-amenorrheic long-distance runners may lose more bone in

spine than in femur. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.33, n.1, p.15-21, 2001. Disponível em: <http://www.acsm-msse.org/pt/re/msse/abstract.00005768-200101000-00004.htm;jsessionid=LFPPrFTTvLdG6K3TPTJS7RW8tRKypDYPzqvwJdqNhp5Jks6wmcQm!523807009!181195628!8091!-1> Acesso em: 31 jan. 2007.

GRIMSTON, S. K.; WILLOWS, N. D.; HANLEY, D. A. Mechanical loading regime and its relationship to bone mineral density children. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.25, n.11, p.1203-10, 1993. Disponível em: <http://www.acsm-msse.org/pt/re/msse/abstract.00005768-199311000-00002.htm;jsessionid=LFPPrFTTvLdG6K3TPTJS7RW8tRKypDYPzqvwJdqNhp5Jks6wmcQm!523807009!181195628!8091!-1> Acesso em: 31 jan. 2007.

GROOHTHAUSEN, J.; SIEMER H.; KEMPER H. C. G.; TWISK J.; WELTEN D. C. Influence of peak strain on lumbar BMD: an analysis of 15-year physical activity in young males and females. **Pediatric Exercise Science**, Champaign, v.9, p.159-173, 1997.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

HAWKINS, S. A.; SCHROEDER, T.; WISWELL, R. A.; JAQUE, S. V.; MARCELL, T. J.; COSTA, K. Eccentric muscle action increases site specific osteogenic response. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.31, n.9, p.1287-92, 1999. Disponível em: <http://www.acsm-msse.org/pt/re/msse/abstract.00005768-199909000-00009.htm;jsessionid=LFPPrFTTvLdG6K3TPTJS7RW8tRKypDYPzqvwJdqNhp5Jks6wmcQm!523807009!181195628!8091!-1> Acesso em: 31 jan. 2007.

HELGE, E. W.; KANSTRUP, I. L. Bone density in female gymnasts: impact of muscle strength and sex hormones. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.34, n.1, p.174-80, 2002. Disponível em: <http://www.acsm-msse.org/pt/re/msse/abstract.00005768-200201000-00026.htm;jsessionid=LFPPrFTTvLdG6K3TPTJS7RW8tRKypDYPzqvwJdqNhp5Jks6wmcQm!523807009!181195628!8091!-1> Acesso em: 31 jan. 2007.

HUGHES, V. A.; FRONTERA, W. R.; DALLAL, G. E.; FISCHER, E. C.; EVANS, W. J. Muscle strength and body composition: associations with bone density in older subjects. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.27, n.7, p.967-74, 1995. Disponível em:

Motriz, Rio Claro, v.14, n.1, p.85-95, jan./mar. 2008

<http://www.acsm-msse.org/pt/re/msse/abstract.00005768-199507000-00004.htm;jsessionid=LFPPrFTTvLdG6K3TPTJS7RW8tRKypDYPzqvwJdqNhp5Jks6wmcQm!523807009!181195628!8091!-1> Acesso em: 31 jan. 2007.

IWAMOTO, J.; TAKEDA T.; ICHIMURA S. Effect of exercise training and detraining on bone mineral density in postmenopausal women with osteoporosis. **Journal of Orthopaedic Science**, Tokyo, v.6, p. 128–32, 2001.

JAKES, R. W.; KHAW, K. T.; NICHOLAS, E.; DAY, N. Patterns of physical activity and ultrasound attenuation by heel bone among Norfolk cohort of European Prospective Investigation of Cancer (EPIC Norfolk): population based study. **British Medical Journal**, London, v.322, p.140-143, 2001.

JOHNSTON Jr, C. C; MILLER, J. Z.; SLEMENDA, C. W.; REISTER, T. K.; HUI, S.; CHRISTIAN, J. C. Calcium supplementation and increase in bone mineral density in children. **New England Journal of Medicine**, Waltham, v.327, n.2, p.82-7, 1992.

KAVOURAS, S. A.; MAGKOS, F.; YANNAKOULIA, M.; PERRAKI, M.; KARIPIDOU, M.; SIDOSSIS, L. S. Water polo is associated with an apparent redistribution of bone mass and density from the lower to the upper limbs. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v.97, n.3, p.316-321, 2006.

KRUEL, L. F. M. **Alterações fisiológicas e biomecânicas em indivíduos praticando exercícios de hidroginástica dentro e fora d'água**. 2000. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

MANTOANELLI, G.; VITALLE, M. S. S.; AMANCIO, O. M. S. Amenorréia e osteoporose em adolescentes atletas. **Revista de Nutrição**, Campinas, SP, v.15, n.3, p.319-32, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-52732002000300008>

MATSUDO, S. M.; MATSUDO, V. K. R. Exercício, densidade óssea e osteoporose. **Revista Brasileira de Ortopedia**, São Paulo, v.27, n.10, p.730-42, 1992.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

MENKES, A.; MAZEL, S.; REDMOND, R. A.; KOFFLER, K.; LIBANATI, C. R.; GUNDEMBERG, C. M.; ZIZIC, T. M.; HAGBERG, J. M.; PRATLEY, R. E.; HURLEY, B. F. Strength training increase regional bone mineral density and bone

remodeling in middle-age and older men. **Journal Applied Physiology**, Bethesda, v.74, n.5, p.2478-84, 1993.

MICHAUD, T. J.; RODRIGUEZ-ZAYAS, J.; ARMSTRONG, C.; HARTING, M. Ground reaction forces in high impact and low impact aerobic dance. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Torino, v.33, n.4, p.359-66, 1993.

MILNER, C. E.; FERBER, R.; POLLARD, C. D.; HAMILL, J.; DAVIS, I. S. Biomechanical factors associated with tibial stress fracture in female runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.38, n.2, p.323-38, 2006. Disponível em: <http://www.acsm-msse.org/pt/re/msse/abstract.00005768-200602000-00019.htm;jsessionid=LFPPrFTT vLdG6K3TPTJS7 RW8tRKypDYPzqvwJdqNhp5Jks6wmcQm!523807009!181195628!8091!-1> Acesso em: 31 jan. 2007.

MOSER, D. C.; MELO, S. I. L.; SANTOS, S. G. Influência da atividade física sobre a massa óssea de mulheres. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, Florianópolis, v.6, n.1, p.46-53, 2004. Disponível em: <http://www.rbcdh-online.ufsc.br/viewarticle.php?id=90&layout=abstract> Acesso em: 31 jan. 2007.

NETO, A. M. P.; SOARES, A.; URBANETZ, A. A.; SOUZA, A. C. A.; FERRARI, A. E. M.; AMARAL, B.; MOREIRA, C.; FERNANDES, C. E.; ZERBINI, C. A. F.; BARACAT, E.; FREITAS, E. C.; MEIRELLES, E. S.; BANDEIRA, F.; GONÇALVES, H. T.; LEMGRUBER, I.; NETO, J. F. M.; BORGES, J. L. C.; CASTRO, A. S.; FIAT, J. C.; MENDONÇA, L. M. C.; OLIVEIRA, L.; RUSSO, L. A. T.; GREGÓRIO, L. H.; MARONE, M.; CASTRO, M. L.; HAIDAR, M. A.; SANTOS, P. R. D.; PLAPLER, P.; CARNEIRO, R.; GUARNIERO, R.; MACHADO, R. B.; PEREIRA, R. M. R.; LEDERMAN, R.; RADOMINSKI, S.; EIS, S. R.; PEREIRA, S. R. M.; SZJENFELD, V.; CHAHADE, W. Consenso brasileiro de osteoporose 2002. **Revista Brasileira de Reumatologia**, São Paulo, v.42, n.6, p.343-54, 2002.

NIGG, B. M.; HERZOG, W. **Biomechanics of the muscle-skeletal system**. Chichester: John Wiley & Sons, 1994.

NUNES, J. F.; DUARTE, M. F.; OURIQUES, E. P. M. Relação entre força muscular e densidade mineral óssea em mulheres. **Revista Brasileira de Reumatologia**, São Paulo, v.41, n.2, p.63-70, 2001.

PARDINI, D. P. Alterações hormonais da mulher atleta. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia**

e Metabologia, São Paulo, v.45, n.4, p.343-51, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0004-27302001000400006>

PIRES, L. A. S. **Associação da densidade mineral óssea, alimentação e atividade física, com fraturas de antebraço em meninos**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciência do Movimento Humano) – Faculdade de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

RYAN, A. S.; IVEY, F. M.; HURLUBUT, D. E.; MARTEL, G. F.; LEMMER, J. T.; SORKIN, J. D. Regional bone mineral density after resistive training in young and older men and women. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, Copenhagen, v.14, n.1, p.16-23, 2004. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0838.2003.00328.x>

SARAIVA, G. L.; LAZARETTI-CASTRO, M. Marcadores bioquímicos da remodelação óssea na prática clínica. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, São Paulo, v.46, n.1, p.72-8, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0004-27302002000100010>

SILVA, C. C.; GOLDBERG, T. B. L.; TEIXEIRA, A. S.; DALMAS, J. C. Análise preditiva da densidade mineral óssea em adolescentes eutróficos do sexo masculino. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, São Paulo, v.50, n.1, p.105-13, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0004-27302006000100015>

SILVA, C. C.; TEIXEIRA, A. S.; GOLDBERG, T. B. L. O esporte e suas implicações na saúde óssea de atletas adolescentes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.9, n.6, p.426-32, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-86922003000600007>

VILLAREAL, D. T.; BINDER E. F.; YARASHESKI, K. E.; WILLIAMS, D. B.; BROWN M.; SINACORE, D. R.; et al. Effects of exercise training added to ongoing hormone replacement therapy on bone mineral density in frail elderly women. **Journal of the American Geriatrics Society**, New York, v.51, n.7, p.985-90, 2003.

VINCENT, K. R.; BRAITH, R. W. Resistance training and bone turnover in elderly men and women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.34, n.1, p.17-23, 2002. Disponível em: <http://www.acsm-msse.org/pt/re/msse/abstract.00005768-200201000-00004.htm;jsessionid=LFPPrFTT vLdG6K3TPTJS7RW8tRKypDYPzqvwJdqNhp5Jks6wmcQm!523807009!181195628!8091!-1> Acesso em: 31 jan. 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO Study Group. **Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis.** Switzerland, 1994.
<http://dx.doi.org/10.1007/BF01622200>

Endereço:
Diego Urtassum Mottini
Rua Riachuelo, 447 Centro
Porto Alegre RS
90010-270
Telefone: (51) 3227-2873
e-mail: dieguinho@terra.com.br

Recebido em: 15 de junho de 2008.
Aceito em: 26 de março de 2008.



Motriz. Revista de Educação Física. UNESP, Rio Claro, SP, Brasil - eISSN: 1980-6574 - está licenciada sob [Licença Creative Commons](#)